

DISPOSITIVO DE LIBERACIÓN PROGRESIVA

Axel Eloy Greco, Andrés Martínez del Pezzo, Asdrúbal Enrique Bottani.

UID – GEMA, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de La Plata
Calle 48 y 116 La Plata. CP 1900. Contacto: axel.greco@ing.unlp.edu.ar

Palabras Clave: liberación progresiva

INTRODUCCION:

El objetivo del presente trabajo es determinar la morfología del componente principal (pieza deformable) de un sistema de liberación progresiva, de tal modo de cumplir con el requerimiento de desplazamiento vs tiempo especificado.

Los mecanismos de liberación progresiva son utilizados sobre aquellos sistemas (Sistema Ppal.) sometidos cargas que se aplican de manera instantánea haciendo que el mismo se encuentren expuesto a diferentes fenómenos dinámicos como consecuencia de los cuales sufrirá sobrecargas que son, en algunos casos, determinantes en el diseño. El objetivo principal de los sistemas de liberación progresiva es, por tanto, responder ante dichas cargas absorbiendo la mayor cantidad de energía posible en un tiempo sustancialmente breve.

La propuesta de diseño se basa en lograr que el dispositivo, mediante la deformación plástica de alguno de sus componentes logre, ante la aplicación de una carga instantánea, comenzar a deformarse y por la plastificación de su sección disminuir la carga reactiva dotando al sistema al cual fue vinculado de una variación de aceleración mucho menos severa.

La siguiente imagen presenta un esquema posible de variación de la carga sobre el dispositivo en función del desplazamiento del Sistema Ppal. La energía absorbida por el dispositivo de liberación será, pues, el área bajo esta curva. Se trata entonces de desarrollar la geometría de la parte deformable para un sistema de cargas longitudinales dado, con el fin de obtener un funcionamiento similar al descrito en la curva Fuerza vs. Desplazamiento presentada anteriormente.

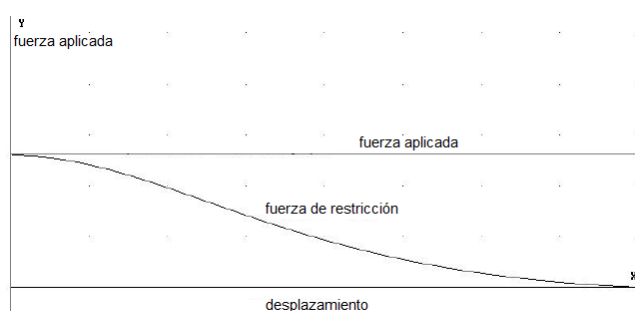


Figura 1. Requerimiento de fuerza vs. desplazamiento.

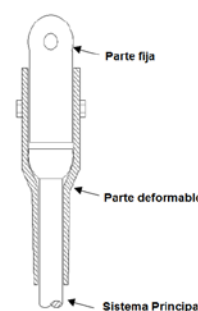


Figura 2. Esquema propuesto.

ENSAYOS DE DESARROLLO

Ensayo de penetración

Como introducción al modelado del fenómeno se propone realizar una serie de ensayos para estimar la validez de un modelo sencillo y así abarcar luego las etapas iterativas para el desarrollo del componente en cuestión.

Se realiza un ensayo de penetración de un cuerpo esférico rígido (penetrador) dentro de un tubo de un material relativamente blando, para obtener del mismo diferentes valores que sirvan de comparación con el modelo de elementos finitos utilizado para la validación. En la figura siguiente se presenta un esquema de la configuración planteada y del montaje del ensayo.

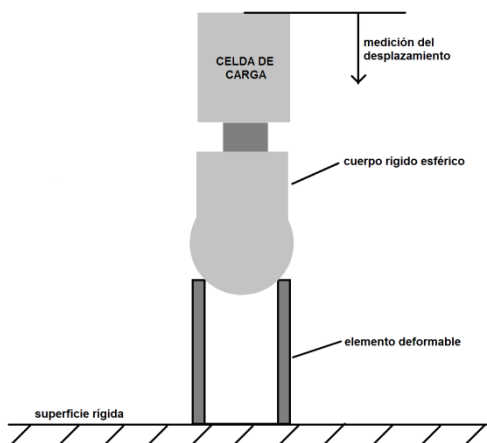


Figura 3. Esquema de ensayo.



Figura 4. Esquema de ensayo.

Se determina, el valor y variación de la carga necesaria para que el cuerpo esférico se desplace dentro del tubo en función del desplazamiento del carro y una posible carga de estabilización. Se buscará realizar la medición de las dimensiones iniciales y finales de los elementos deformables y su comparación. Dichas medidas serán, el diámetro interno inicial y final ("Dio" y "Dif"), el diámetro externo inicial y final ("Deo" y "Def"), el largo inicial y final ("Lo", "Lf") y el espesor inicial y final ("to" y "tf").

Ensayos de caracterización del material

Para que los resultados del modelo y de los ensayos su puedan comparar se realiza también una caracterización del material utilizado, se construyen 4 probetas y se ensayan a tracción aplicando desplazamiento constante para determinar las características principales del mismo y determinar así el material a utilizar en el modelo de elementos finitos.

En base a las curvas tensión deformación obtenidas del ensayo sobre las probetas, se planteó un material simplificado con las siguientes características.

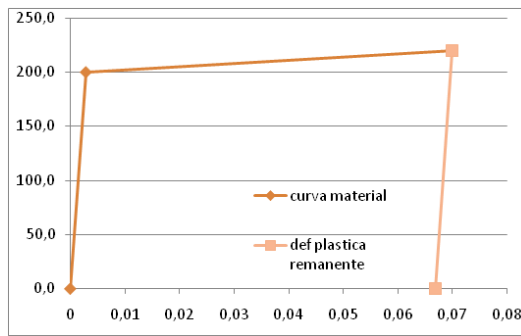


Figura 5. Material caracterizado, simplificación.

$$\sigma_{fl} = 200 \text{ MPa}$$

$$E = 70 \text{ GPa}$$

$$\sigma_u = 220 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{rotura} = 7\%$$

$$\epsilon_{plast\ rem} = 0.0669$$

MODELOS DE ELEMENTOS FINITOS (FEM) DESARROLLADOS

Anticipar el comportamiento físico

Debido a las relaciones entre los diámetros del elemento rígido y el deformable se estima que el fenómeno estará dominado por las características de deslizamiento entre ambas superficies

Se verificará la influencia de la incertidumbre en las características del material y la problemática en la indeterminación del coeficiente de roce entre ambos materiales en el modelo, intentando definir la importancia entre la determinación de cada uno de estos.

Características del modelo utilizado

Para representar el ensayo anterior se plantea como primera instancia, un modelo axil-simétrico, a pesar de haber existido desalineaciones durante el ensayo, compuesto por dos partes, un rígido analítico y una parte que simula el tubo ensayado. Como condición de carga se aplica un desplazamiento de valor conocido, que simula el desplazamiento aplicado durante el ensayo y uno en sentido contrario para simular el retiro del elemento rígido del interior del tubo.

Se plantean dos series de "ensayos virtuales", la primera tanda propone la inexistencia del roce entre las piezas, pero, se plantea la variación del módulo de elasticidad del material del tubo, la segunda consiste en fijar el módulo de elasticidad y variar el coeficiente de roce entre las partes. Se resumen los modelos desarrollados.

Modelo "a"	Modelo sin roce, E=70GPa
Modelo "b"	Modelo sin roce E=55GPa
Modelo "c"	Modelo sin roce E=82GPa
Modelo "d"	Modelo u=0.3, E=70GPa
Modelo "e"	Modelo u=0.2, E=70GPa
Modelo "f"	Modelo u=0.1, E=70GPa
Modelo "f'"	Modelo u=0.3, E=70GPa, mallado fino

Se presenta a continuación, los gráficos correspondientes a los modelos y ensayos desarrollados.

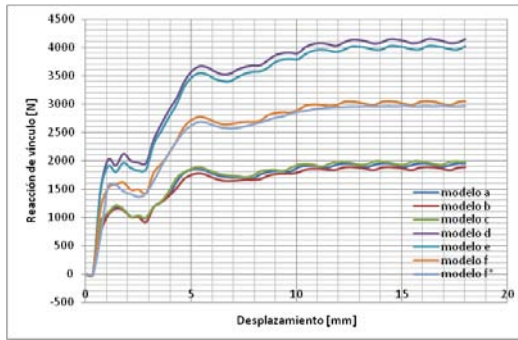


Figura 6. Reacción de vínculo [N] vs desp. [mm], modelos.

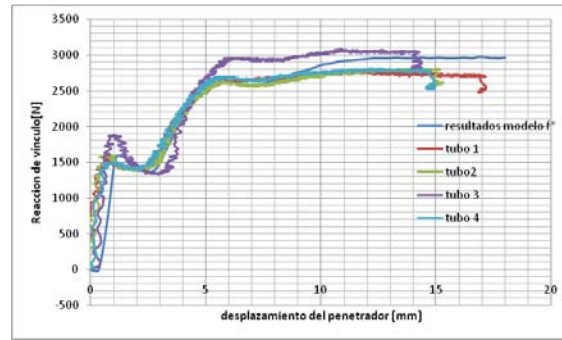


Figura 7. Reacción de vínculo [N] vs desp. [mm] resultados de ensayos + modelo "f".

En el gráfico de la derecha se realiza una comparación entre el modelo de elementos finitos (modelo "f*") y los resultados experimentales permitiendo concluir que el resultado obtenido valida el modelo desarrollado. Se define, por tanto, utilizar el material definido por los ensayos con un coeficiente de roce de 0.1 para continuar con el desarrollo de la pieza deformable.

MODELO FEM DEL DISPOSITIVO DE LIBERACIÓN PROGRESIVA

Definición de la geometría

En búsqueda de una función carga desplazamiento como la presentada al inicio del informe se trabaja sobre la geometría del elemento deformable. Debido a que se trata de un análisis preliminar y por la naturaleza del problema, de características similares al ensayo de penetración realizado, se propone un modelo axil-simétrico, que en una etapa más avanzada se podrá reemplazar por uno en 3D para incluir desalineaciones y evaluar su efecto.

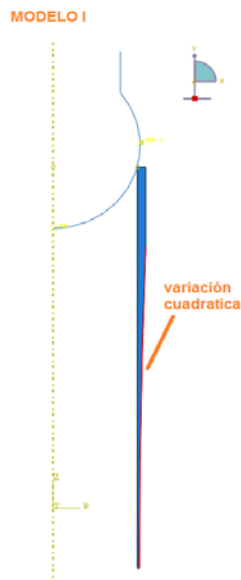


Figura 8. Modelo con variación de radio externo cuadrática.

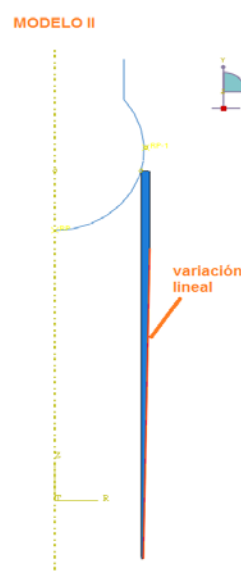


Figura 9. Modelo con variación de radio externo lineal.

Como condición de contorno se aplica la carga puntual establecida sobre el RP del rígido analítico. En la siguiente grafica se presentan las curvas correspondientes a la reacción de vínculo vs. el desplazamiento del cuerpo rígido para cada uno de los sistemas.

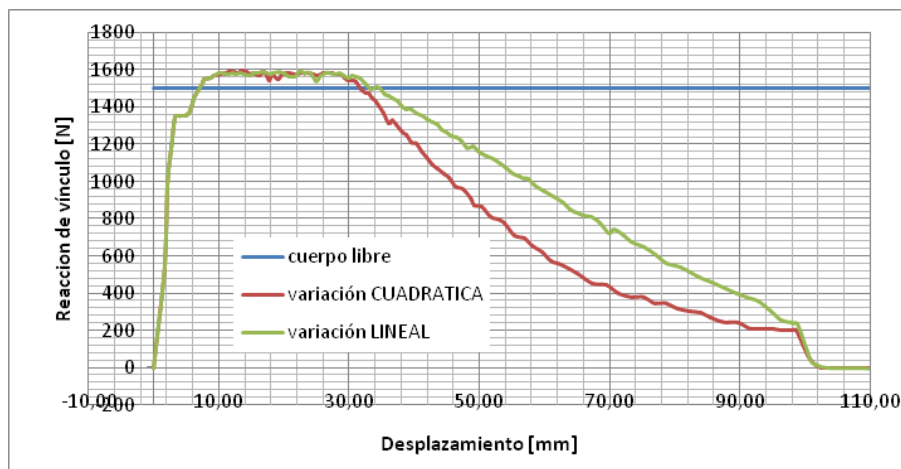


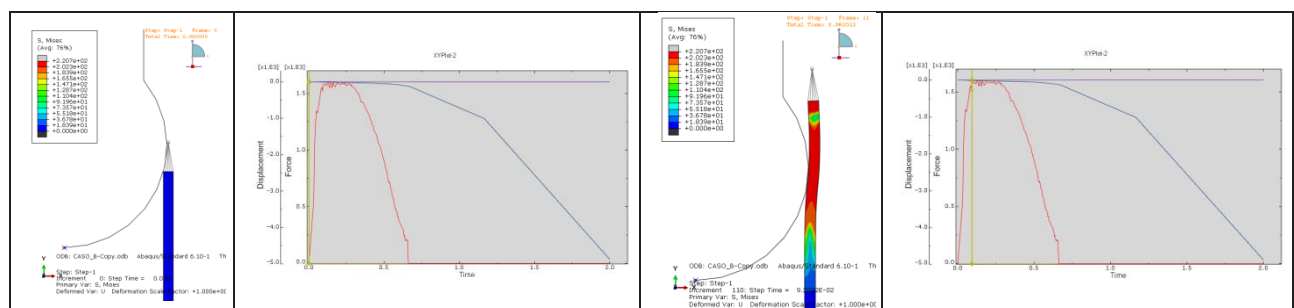
Figura 10. Reacción de vínculo [N] vs desplazamiento [mm].

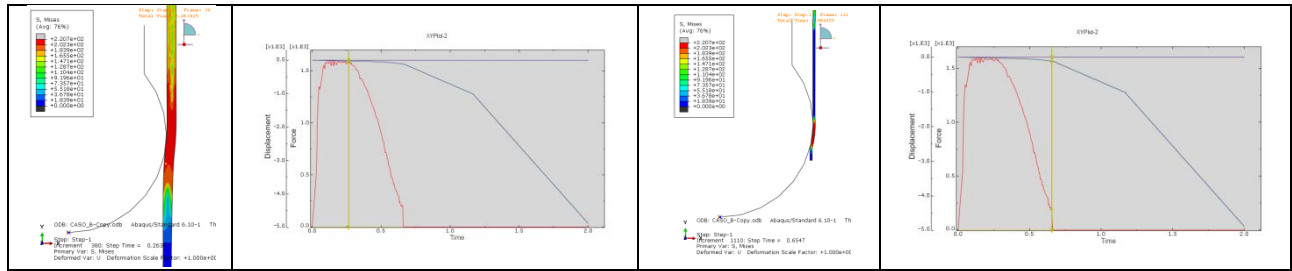
Tabla 1. Resultados comparativos, estudio 1.

	tiempo de estabilización [seg]	tiempo de liberación [seg]	carga máxima [N]	salto de carga [N]	longitud de liberación [mm]
variación lineal	0,11	0,80	1580	239	104
variación cuadrática	0,12	0,61	1585	201	133

Se presentan a continuación, una serie de imágenes donde se muestran, tensiones, posición del rígido, vinculados a la posición sobre la curva de fuerza y desplazamiento en función del tiempo, la gráfica permite reconocer los parámetros a modificar para lograr diferentes efectos.

Tabla 2. Tensiones de VM y posición del rígido vinculado a curva de fuerza y desplazamiento





Conclusiones y trabajos futuros

El modelo desarrollado presenta las bases elementales para el diseño del sistema, los resultados obtenidos satisfacen los objetivos propuestos al inicio del estudio, es decir, que el sistema permite modular la carga de restricción asemejándose a la curva ideal presentada primeramente, en tiempos compatibles con los requeridos por el sistema de liberación.

Los parámetros más influyentes en las características del sistema son el coeficiente de roce, los espesores de las paredes y la interferencia entre los componentes, por lo cual, se deberá prestar especial atención a la manufactura de las piezas y desarrollar conjuntamente los estudios del diseño teórico-experimental y la construcción de los componentes.

Se deberá experimentar con diferentes materiales y procesos constructivos que permitan converger a un diseño seguro con resultados repetitivos y confiables.

Se deberá analizar el requerimiento de terminación superficial a los efectos de limitar la dispersión en los valores del coeficiente de roce. El diseño definitivo deberá apuntar a atenuar la influencia en la variación del coeficiente de roce estudiando la forma del dispositivo y el material utilizado

Se deberán diseñar los componentes restantes y realimentar el modelo de elementos finitos realizando sucesivas validaciones experimentales que permitan avanzar de manera equilibrada entre la parte experimental y de simulación computacional.

Se deberá analizar el comportamiento del dispositivo a diferentes temperaturas.

El análisis desarrollado plantea al dispositivo en un estado ideal, por lo tanto se deberá desarrollar la forma de vincular el dispositivo por ejemplo a una estructura rígida, con lo cual el mismo sufrirá inevitablemente un rediseño en su morfología, y deberá estudiarse el impacto del mismo sobre el sistema.

Bibliografía

Finite Element Modeling for Stress Analysis - Robert D. Cook -

Friction, Lubrication and Wear Technology - AMS HANDBOOK. VOL.18 -

SPINOFFS 14B. - Force Vs. Displacement.

Reliability and Quality Assurance Experience in Launcher Hold and Release System used in GSLV - Vikram Sarabhai Space Centre.